

研究課題番号	2-1906
研究課題名	「木質材料における接着剤由来温室効果ガス排出量の推定および削減対策に関する研究」
研究実施期間	令和元年度～令和3年度
研究機関名	京都大学
研究代表者名	平井 康宏

1. 研究開発目的

本研究では、木質材料における接着剤由来CO₂排出量の推計手法の開発ならびに、天然系接着剤や微量塗布技術の開発と評価に取り組む。これらの成果を踏まえて、対策技術の将来導入見通しをつけ、対策シナリオを策定し、対策効果を推定する。これにより、木質材料におけるさらなる低炭素化対策の進展に寄与することを研究全体の目的とする。以下の3サブテーマを設けて取り組む。

サブテーマ1（木材用接着材フロー推定およびCO₂排出量削減シナリオ分析）解体建築物や廃家具から発生する廃木質材料の将来発生量および廃接着剤発生量を予測する「木質材料・接着剤フロー推定モデル」を構築し、木質材料における接着剤由来CO₂排出量を推計する。また、住宅長寿命化やマテリアルリサイクル強化、サブテーマ2、3で開発する対策技術の導入シナリオを策定し、開発したモデルを用いて、CO₂排出量削減効果を評価し、対策の導入に向けた各種施策を提言することを目的とする。

サブテーマ2（天然系木材用接着剤の開発とその評価）高い接着性能を有するとともに、従来の欠点である調製方法や作業性に優れた新たな天然系接着剤を開発することを最終目標とする。本研究課題においては、まずは天然系接着剤の研究動向調査および開発の基礎研究を行うことを目的とする。

将来的な木質材料の接着剤由来CO₂を削減するうえで、日本で最も多く生産・利用される木質材料である合板への微量塗布接着技術の展開は効果的と思われる。そこで、工業生産と同等の原料を用いて5plyの合板を作成し、微量塗布接着技術を適用した際の接着性能などについて検討を行った。微量塗布技術として従来検討されてきたインクジェット法やエアスプレー法には問題点があり、将来的に木質材料製造に微量塗布技術を適用・普及して行くうえで、新しい塗布方法について検討することは有意義だと考えられる。そこで、秋田県産業技術センターが持つ超音波霧化技術の木材用接着剤塗布への応用について基礎的な検討を行った。

2. 研究目標

研究課題全体では、木質材料の廃棄・焼却時に発生する接着剤からの化石由来CO₂排出量の推定手法を開発するとともに、将来的な発生量を低減させる天然系接着剤や微量塗布技術の開発と評価に取り組む、木質材料の環境性能を向上させて、低炭素化対策の進展に寄与することを目標とする。

サブテーマ1では、木材用接着剤の動的フロー推定モデルとして、1970年から2050年までの日本国内での木材（製材、集成材、合板、パーティクルボード、繊維板）および接着剤（ユリア樹脂系、メラミン樹脂系、フェノール樹脂系（レゾルシノール樹脂系を含む）、水性高分子イソシアネート系）のフロー・ストックを、用途別（コンクリート型枠用合板、建築物、フローリング材、家具）に推定する。また、木質材料区別に化石由来炭素比率を算出し、IPCCインベントリデータベースへの収載を目指す。さらに、接着剤含有量分析方法の開発として、接着剤既知濃度試料・市販木質材料・木くず試料各30検体計90検体の元素組成分析を行い、元素組成に基づく接着剤量推定式を得る。開発した手法を用い、統計調査では推定が困難な、輸入木質材料中の接着剤含有量を推定する。さらに、CO₂排出削減シナリオの分析として、住宅長寿命化や原料リサイクル強化、サブテーマ2および3で取り組んでいる天然系接着剤や微量塗布技術の導入によるCO₂削減量を算定する。シナリオ検討に際し、木質材料メーカー、関連分野の専門家、行政担当者の参画を得て、対策の導入に向けた各種施策を提言する。

サブテーマ2では、天然系接着剤の研究動向調査を行うとともに、新たな天然系接着剤の開発を行うことを全体の目標としている。研究動向調査では、文献データベースによって研究論文を抽出し、特に過去5年間の詳細な研究動向を調べ、問題点や課題を明らかにする。新たな天然系接着剤の開発では、出来る限り化石資源への依存を抑え、かつ接着剤の調製および作業性に優れ、高い接着性能を示す接着剤の開発に取り組む。具体的には、接着剤に占める天然物の割合を70%以上とし、接着剤の調製は混合水溶液もしくは若干の熱処理のみとする。また作業性では、噴霧塗布が可能な溶液粘度とし、接着性能は合板の日本農林規格の1類やJIS A 5908の18タイプに匹敵する性能を目指す。

サブテーマ3では、課題の大きな目標である「木質材料における接着剤由来の温室効果ガスの将来的な排出量を低減する」ことを目指す手法として、既存木質材料の接着剤使用量を低減することに主眼を置いた検討を行う。具体的には、既存の木質材料、特に生産量の多さとそれに伴って接着剤使用量が大きくなっている合板に対して微量塗布接着技術を適用することへの技術的検討を中心に行い、1) 合板等の既存木質材料に微量塗布接着技術を適用した際の材料性能への影響、2) 実生産に適用できる可能性のある塗布技術の検討、3) 接着剤塗布以外の生産時排出量に対する影響評価、を行い、最終的に実生産への適用可能性評価を行う。

3. 研究の進捗状況

<サブテーマ1> 一部優先順位の変更はあるが全体としては計画以上の進展があると考えられる。木質材料・接着剤フロー推定モデルの構築では、2019年度計画で現状の再現推定を予定していたところ、2020年度計画を一部先取りし、1970年から2050年までの排出量予測を実施した。また、2020年1月のAD会合での意見を踏まえ、集成材および水性高分子イソシアネート系接着剤をモデルに組み入れるとともに、現場施工用接着剤の一部を対象にモデル外で簡易推計を実施した。アンケート調査では、AD会合での意見を踏まえ、消費者向けのみでなく、賃貸物件オーナー等も対象に加え、調査法の見直しを進めている。サブテーマ3と共同で実施した接着剤含有量分析方法の開発では、元素組成に基づく推定方法を提示した。フェノール樹脂系接着剤は木材のリグニン成分と類似しており、分析化学的手法での接着剤含有量推定には困難が予想されたが、アルカリ触媒であるNaOHへの着目が突破口となった。計画を前倒しし、本推定方法を市販合板に適用し検証を進めている。工場での現地調査については、関係者との調整に時間を要したことや、新型コロナウイルスの影響による工場操業状態の激変により、現地調査の優先度を下げ、文献調査に注力した。調査協力の依頼に際して、関係省庁の了解・協力も得ており、3年間での研究目標の達成は十分に可能と考える。

<サブテーマ2> 計画通り進展していると考えられる。これまでの進捗状況として、研究動向調査はWeb of Scienceによって2015～2019年の関連論文、糖類系接着剤60報、タンパク系接着剤129報、リグニン系接着剤62報、タンニン系接着剤45報、オイル系接着剤48報、その他29報の合計373報を調査した。各種接着剤について、それぞれの研究内容からグループ化し、研究内容を紹介するとともに、特徴や問題点、課題を明らかにした。これらの結果は、現在、総説にまとめて国際誌への投稿を準備している。新たな天然系接着剤の開発では、スクロースのp-トルエンスルホン酸 (PTSA) の硬化について検討した。これは、スクロースとリン酸二水素アンモニウム (ADP) の混合水溶液が構造用接着剤に匹敵する性能を有することをこれまでの研究で見出していたが、高い加熱温度やADPの添加量の多さが課題であったことが背景にある。PTSAはフラン樹脂などの硬化触媒として用いられているため、ADPの問題点を解決出来る可能性がある。基礎的な知見を得るために、混合物の熱特性や熱処理硬化物の不溶化率を測定したところ、ADPよりも低温、かつ少量の添加でスクロースが変化することを明らかにした。よって、PTSAが効果的な触媒として利用できる可能性が示唆された。

<サブテーマ3> 一部優先順位の変更はあるが全体としては計画以上の進展があると考えられる。今年度は、木質材料における接着剤由来の温室効果ガス排出量を推定する手法確立に向け、定量性の高いモ

デル木質材料を提供する事で、相当に精度の高い化学分析的手法が構築できる可能性を見出すことに貢献できた。結果的に、今年度当初に目標としていた現地調査の優先順位が下がったことで、実調査に向けた協力体制構築に関しては次年度以降も引き続き取り組む。一方、次年度以降に予定していた既存材料への微量塗布接着技術適用に関して、すでに代表的な木質材料である合板への適用可能性評価に入っており、接着剤低減だけでなく生産時の排出抑制にも寄与できる可能性を見いだせている。さらに、工業的実用化に向けた新しい微量塗布接着技術に関しても検討を始めており、前倒しで装置の導入を進めるなど、計画以上の速度で研究を進められている。

4. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

温室効果ガス排出削減対策として、木材の利用拡大が期待される中、廃木質材料に含まれる化石由来の非エネルギー起源温室効果ガス排出量は、正確な実態がつかめておらず、排出量を把握することが環境政策上重要である。サブテーマ1で開発した木質材料からのCO₂排出量推定モデルや排出量の推定結果、木質材料中の接着剤使用量推定方法は、今後、温室効果ガス排出量算定方法検討会への情報提供などを通じ、我が国におけるインベントリ作成への反映が期待される。これらの算定方法や排出係数などは、IPCCにおける国際的なガイドラインの策定や排出係数データベースへの登録により、途上国でのインベントリ開発・高度化・削減対策の導入等にも貢献することも期待される。また、サブテーマ1で今後実施予定の対策技術の導入効果の評価や対策導入に向けた各種施策の提言は、環境政策の立案に寄与するものである。

本発生源からの排出量を削減する技術を開発することは、本発生源からの直接の排出を減らすだけでなく、他の材料と比べて相対的に温室効果ガス排出量の低い木質材料の利用拡大を促す効果も期待され、環境政策を進めるうえで重要である。サブテーマ2で開発を進めている天然系接着剤や、サブテーマ3で開発している微量塗布技術は、本発生源からの排出削減対策として有効である。微量塗布技術は、合板製造プロセスにおける熱圧時間の短縮により、製造プロセスの低炭素化・低コスト化の効果も期待され、木質材料製造事業者の関心も高い。また、天然系接着剤と微量塗布技術を組み合わせることで、天然系接着剤の適用範囲を拡大する効果も期待される。本課題終了後には、試験プラント等での実用化研究への展開や、設備導入の補助事業などにより、本研究で開発した新技術の社会実装を進めることで、環境政策への貢献が期待される。

5. 評価者の指摘及び提言概要

着実に研究が進められており、我が国のインベントリ作成に有用な情報提供、IPCCの排出係数データベースへの登録等への貢献は大いに期待できる。木質材料の利用増大は環境保全に有効であると期待される。接着剤由来の環境負荷増大の程度がこれまで不明だったので今後本研究成果を踏まえて議論が進むこととなると期待され、環境政策への貢献となる。接着技術の開発として、塗布技術、使用量の削減、接着時間短縮など評価する。耐水性、耐熱性などを研究項目としているが、耐久性(経時劣化など)についても考慮してほしい。また、これらの研究項目については定量的な目標値を設定して評価してほしい。微量塗布技術は従来接着剤にも適用できる技術であれば、特許化、企業連携など早期の実用化が望まれる。天然系接着剤の社会実装を進めるため、市場化に向けたニーズの所在・ギャップ等の具体的な分析も含め、実用化から社会実装に向けたステップが示されると良い。

最終的にサブテーマをどう統合して新たな削減対策に繋げるのか、方針を明確にして進めて欲しい。

6. 評点

評価ランク：A